

12 DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 16.11.95.

30 Priorité :

43 Date de la mise à disposition du public de la  
demande : 23.05.97 Bulletin 97/21.

56 Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du  
présent fascicule.*

60 Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

71 Demandeur(s) : SOCIÉTÉ DES TECHNIQUES EN  
MILIEU IONISANT — FR.

72 Inventeur(s) : FOUQUET CHRISTIAN et PORCHER  
JEAN BAPTISTE.

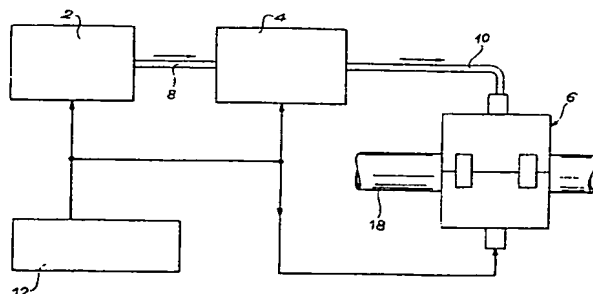
73 Titulaire(s) :

74 Mandataire : BREVATOME.

54 PROTECTION BIOLOGIQUE A PARTIR D'ALLIAGES METALLIQUES.

57 L'invention concerne un appareil de fabrication d'une  
protection contre les radiations d'origine nucléaire, compor-  
tant :

- un moule-four (6) ainsi que des moyens pour réguler la  
température d'un alliage présent dans ce moule,
- des moyens (2) pour stocker l'alliage à l'état solide et  
pour le rendre liquide,
- des moyens (4) permettant de véhiculer l'alliage liquide,  
depuis les moyens (2) de stockage jusqu'au moule (6), lors  
de son introduction dans ce dernier, puis du moule-four jus-  
qu'aux moyens de stockage, pour le retrait de la protection.



FR 2 741 472 - A1



## PROTECTION BIOLOGIQUE A PARTIR D'ALLIAGES METALLIQUES

## DESCRIPTION

5 Domaine technique et art antérieur

L'invention concerne le domaine de la protection biologique contre les rayonnements X ou  $\gamma$  (rayonnement électromagnétique de forte énergie d'origine nucléaire), à l'aide d'un alliage métallique récupérable.

Souvent, dans les installations nucléaires, il est nécessaire d'installer des protections biologiques afin de protéger le personnel intervenant pour des opérations de maintenance ou autre, contre l'irradiation émanant de sources particulièrement intenses et localisées.

Ces sources ont pour origine, en général, des dépôts contenant des radioéléments connus, formés dans la circuiterie ou tuyauterie d'effluents liquides. Elles peuvent, plus particulièrement, se situer dans des éléments comme des vannes.

Dans ce cas, les techniques traditionnelles de confection des protections biologiques consistent à utiliser comme matériau de base, le plus souvent, le plomb.

Le plomb est utilisé sous forme de briques, lorsqu'on veut monter un mur servant d'écran.

Il est aussi utilisé sous forme de feuilles que l'on dépose en couches, plus ou moins épaisses à l'endroit de la source.

Dans certains cas, un mur est constitué à partir d'eau : on emplit alors des réservoirs que l'on monte comme des briques.

Ces procédés présentent certains problèmes. Notamment, il n'existe pas, à l'heure actuelle, un procédé permettant :

- d'installer une protection à distance,
- 5 - d'obtenir un écran homogène et d'épaisseur voulue,
- d'éviter la manipulation du plomb.

#### Exposé de l'invention

10 La présente invention vise à remédier à ce problème.

Plus précisément, elle concerne un appareil de fabrication d'une protection contre les radiations d'origine nucléaire, comportant :

- 15 - un moule-four ainsi que des moyens pour réguler la température d'un alliage dans ce moule-four,
- des moyens pour stocker l'alliage à l'état solide et pour le rendre liquide,
- des moyens permettant de véhiculer l'alliage liquide,
- 20 depuis les moyens de stockage jusqu'au moule, lors de son introduction dans ce dernier.

Avec cet appareil, il est possible d'installer une protection à distance : l'alliage en fusion peut être injecté dans le moule à partir des moyens pour  
25 stocker l'alliage à l'état solide et pour le rendre liquide, l'injection ayant lieu grâce aux moyens pour véhiculer l'alliage. Il reste à installer le moule-four à l'endroit où la protection doit être réalisée, mais le temps de séjour impliqué par cette opération est  
30 faible par rapport au temps passé par un opérateur lors de l'installation d'une protection selon les techniques connues (à l'aide de plomb ou d'eau).

L'alliage est ensuite solidifié dans le moule-four à l'aide des moyens de régulation de la  
35 température.

Un écran homogène et suffisamment épais peut ainsi être obtenu. Le caractère homogène est lié au fait que l'écran est obtenu par solidification d'un alliage liquide. De même, l'épaisseur est régulée en  
5 fonction de la quantité de liquide injectée.

Enfin, on réalise ainsi des écrans en évitant toute manipulation et/ou usinage de pièce en plomb.

Les moyens pour véhiculer l'alliage, depuis les moyens de stockage au moule, peuvent également  
10 permettre de le véhiculer depuis le moule-four vers les moyens de stockage.

Le moule-four peut comporter deux demi-coques amovibles munies d'attaches. Ainsi, il est aisé, après formation de la protection, d'enlever le moule et de  
15 transporter l'appareil vers un autre site. Ultérieurement, on peut revenir à l'endroit initial, rendre liquide l'alliage solidifié formant protection (à l'aide des moyens de régulation de la température de l'alliage dans le moule-four, ou moyens pour rendre  
20 liquide l'alliage solidifié ou pour solidifier un alliage liquide), et évacuer le liquide obtenu vers les moyens de stockage.

Selon un mode particulier de réalisation, le moule-four comporte une enveloppe chauffante, rigide et  
25 d'une vessie déformable. Il est alors plus aisé de donner à la protection la forme voulue.

Le moule-four peut également présenter des parois rigides et une paroi souple. Celle-ci est alors destinée à être en contact avec par exemple la  
30 circuiterie autour de laquelle la protection est à réaliser.

L'invention concerne également un procédé de protection radiologique d'un milieu dans lequel se trouve une circuiterie, comportant les étapes  
35 suivantes :

- installation d'un appareil tel que décrit ci-dessus, le moule-four ayant une forme adaptée à la circuiterie,
- fonte d'un alliage stocké dans les moyens de  
5 stockage,
- injection de l'alliage dans le moule-four,
- solidification de l'alliage dans le moule.

Le moule-four peut ensuite être éloigné, après solidification de l'alliage. Le temps de séjour d'un  
10 opérateur impliqué par l'opération de démontage d'un moule est faible.

Le moule-four est une enveloppe étanche ou bien une enveloppe rigide qui permet d'accueillir une vessie étanche devant contenir l'alliage métallique.

15 Un alliage utilisable pour réaliser une protection peut être de composition Sn-Bi-Pb-Cd ou Bi-Pb-Sn-Cd-In, ou Bi-Pb-Sn-In ou Bi-Sn-In ou Bi-Sn.

#### Brève description des figures

20

De toute façon, les caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront mieux à la lumière de la description qui va suivre. Cette description porte sur les exemples de réalisation,  
25 donnés à titre explicatif et non limitatif, en se référant à des dessins annexés sur lesquels :

- la figure 1 représente schématiquement les différents éléments d'un appareil selon l'invention,
- les figures 2A et 2B représentent  
30 schématiquement, de côté et de face, un moule-four selon l'invention.

#### Description détaillée de modes de réalisation de l'invention

35

Un schéma général d'un dispositif selon la présente invention est représenté sur la figure 1. Sur cette figure, la référence 2 désigne un four-réservoir. Celui-ci permet d'une part, de rendre liquide un  
5 alliage métallique solide qu'il contient, en le chauffant lors de l'opération de moulage. Des moyens de chauffage, non représentés, sont évidemment prévus à cet effet. Ce four-réservoir permet également de récupérer ce même alliage, lors de l'opération de  
10 démoulage, afin de le stocker et de pouvoir le transporter vers un autre site. Ce four-réservoir est équipé de moyens permettant d'introduire et de retirer un alliage solide.

Le choix d'un four de volume réduit, si il  
15 limite la quantité d'alliage pouvant y être stocké, permet un transport aisé de l'appareil d'un site à un autre.

Le dispositif comporte également des moyens 4 permettant de véhiculer un alliage, rendu liquide dans  
20 le four 2, depuis ce dernier jusqu'à un moule 6. Ces moyens peuvent être par exemple des moyens de pompage, de nature centrifuge. Cette pompe centrifuge sert alors à amorcer le mouvement de l'alliage en fusion. Ces moyens 4 peuvent être prévus pour fonctionner dans les  
25 deux sens, c'est-à-dire pour transporter l'alliage liquide depuis le four 2 vers le moule 6 lors de l'introduction de l'alliage liquide dans ce dernier, et, réciproquement, depuis le moule 6 vers le four 2, lorsque la protection est enlevée. Dans le cas d'une  
30 pompe, cette dernière doit pouvoir alors fonctionner dans les deux sens. Si le mouvement inverse de retour de l'alliage dans le four-réservoir 2 ne peut pas être assuré par la même pompe ou par les mêmes moyens 4, alors une autre pompe d'une nature différente peut

prendre le relais afin d'assurer le transport du métal liquide après démoulage.

Ces moyens 4 sont reliés, d'une part au four-réservoir 2, et d'autre part au moule-four 6 par l'intermédiaire de flexibles 8, 10. Ce ou ces flexibles 8, 10 est ou sont de préférence d'un diamètre de quelques centimètres et d'une longueur de quelques mètres : cette longueur permet de séparer le lieu où l'alliage est fondu du lieu où la protection est installée. Par ailleurs, il possède, de préférence, une résistance chauffante sur toute sa longueur afin de faciliter la circulation de l'alliage.

Cet appareil permet de diminuer le temps de présence d'un opérateur auprès de la circuiterie ou de la tuyauterie, et ceci pour toutes les opérations de montage et démontage du moule. En outre, le moule-four 6 est de préférence conçu et optimisé de telle sorte que sa pose autour de l'organe où la protection doit être installée, ainsi que son démontage, prenne le minimum de temps. A cet effet, il peut par exemple être composé de deux demi-coques amovibles, par exemple à attaches rapides. Un moule composé de deux demi-coques amovibles, à attaches rapides, permet une mise en place en un temps relativement bref : l'opération de démontage du moule est rapide et le temps de présence d'un opérateur s'en trouve écourté.

Le moule peut, par ailleurs, être constitué d'une enveloppe chauffante, rigide et d'une vessie élastique et déformable située à l'intérieur de l'enveloppe chauffante. Ce caractère déformable permet de pouvoir aisément modifier la forme et l'épaisseur de la protection réalisée. Un matériau pour réaliser une telle enveloppe peut être par exemple un matériau plastique, puisque, ainsi qu'il est expliqué ci-dessous, des alliages pouvant être utilisés pour

réaliser des protections biologiques peuvent avoir une température de fusion de l'ordre de 70°C, ce que certains matériaux plastiques peuvent supporter.

Le moule-four 6 est équipé d'éléments chauffants, que l'homme du métier saura choisir en fonction de la température de fusion du ou des matériaux à utiliser pour réaliser la protection.

L'ensemble peut être alimenté par des moyens électriques désignés globalement par la référence 12. Ces moyens seront choisis de façon à pouvoir, notamment, alimenter le four-réservoir 2 et le moule-four 4 de manière suffisante pour que ces derniers puissent assurer les opérations de fonte de l'alliage solide.

Un exemple de moule-four est donné sur les figures 2A (vue de côté) et de 2B (vue de face), dans le cas d'une tuyauterie 18 dans laquelle s'est déposée, par exemple, une certaine quantité de radioéléments désignés par la référence 17. Ces radioéléments irradient une certaine zone localisée autour de la tuyauterie. Afin de réaliser un écran autour de la zone irradiante, un moule 6 comportant deux demi-coques 14, 15 est placé autour de la tuyauterie 18. Ces deux demi-coques sont de préférence fermées par des attaches rapides 22, 24. Comme, par ailleurs, le moule comporte également des moyens pour réguler sa température, par exemple des résistances chauffantes, ces attaches peuvent éventuellement assurer une fonction de contact électrique entre les résistances des deux demi-coques. Un flexible 10 permet d'amener le métal liquide à l'intérieur du moule, par l'intermédiaire d'un raccord 26 pour l'amenée du liquide. Le retrait du liquide peut se faire par le même raccord et le même flexible. De manière alternative, il peut également être prévu un second raccord 28 pour le retrait du liquide, qui sera



lui-même connecté à un autre flexible, non représenté sur ces figures. Le moule qui vient d'être décrit est adapté à la réalisation de protections autour de tuyauteries de forme cylindrique. Il est, par ailleurs, possible de réaliser des moules ayant des formes adaptées à des tuyauteries ou circuiteries de forme plus complexe, le principe de l'appareil et de l'invention n'en étant pas modifié.

Un procédé pour réaliser une protection contre les radiations d'origine nucléaire autour, par exemple, d'une tuyauterie comporte l'installation d'un appareil tel que décrit ci-dessus, avec un moule-four 6 ayant une forme adaptée à la tuyauterie. Un alliage solide est introduit dans les moyens 2 de stockage. Ces derniers sont équipés de moyens pour chauffer l'alliage et le rendre liquide, cet alliage liquide étant ensuite transporté, à l'aide des moyens 4 et par l'intermédiaire des flexibles 8, 10, vers le moule-four 6 où il prend une forme qui épouse les contours de la tuyauterie. La température à l'intérieur du moule-four 6 est ensuite abaissée, sous le point de fusion de l'alliage, ce qui conduit à sa solidification et à la formation de la protection. Le moule-four 6, le four 2 et la pompe 4 peuvent ensuite être éloignés et transportés vers un autre site, où une autre protection doit être réalisée.

Le moule-four peut être de trois types :

- un moule-four rigide et étanche qui, une fois rempli de l'alliage, constitue la protection biologique,
- un moule-four dont les parois sont rigides hormis celle en contact avec la tuyauterie qui elle est souple et élastique.

La souplesse de cette paroi offre l'avantage que la protection biologique épousera la forme de la

circuiterie, ce qui améliorera la protection et peut la bloquer sur la circuiterie,

- un moule-four constitué d'une coque rigide amovible. L'alliage est alors injecté dans une vessie souple, placée à l'intérieur de la coque. Ce type est schématisé sur les figures 2A et 2B où la référence 20 désigne la vessie souple.

Dans les deux derniers types mentionnés ci-dessus, en raison des points de fusion des alliages préconisés, les parois rigides peuvent être constituées de matériaux tels que le polycarbonate et les parois souple, du moule ou de la vessie, par du caoutchouc.

Les compositions possibles d'alliages utilisées pour réaliser la protection dépendent en fait du compromis que l'on cherche à faire entre les caractéristiques suivantes :

- températures de fusion et de solidification de l'alliage,
- expansion,
- stabilité dimensionnelle,
- mouillage,
- densité.

En général, on choisit un alliage dont la densité est proche de celle du plomb.

Pour la réalisation de protections biologiques, l'alliage de composition Sn-Bi-Pb-Cd, de solidus et liquidus 70°C, et de densité 9,57, réalise un bon compromis au regard de tous ces paramètres.

D'autres exemples d'alliages utilisables sont donnés ci-dessous, dans le tableau I.

TABLEAU I

LIQUIDUS °C	SOLIDUS °C	COMPOSITION	DENSITE
47	47	Bi Pb Sn Cd In	9,41
52	47	Bi Pb Sn Cd In	9,51
58	58	Bi Pb Sn In	9,23
65	57	Bi Pb Sn Cd In	9,84
65	61	Bi Pb Sn Cd In	9,79
70	70	Bi Pb Sn Cd	9,57
79	79	Bi Sn In	8,83
138,5	138,5	Bi Sn	8,55

## REVENDICATIONS

1. Appareil de fabrication d'une protection contre les radiations d'origine nucléaire, comportant :
- un moule-four (6) ainsi que des moyens pour réguler la température d'un alliage présent dans ce moule,
  - des moyens (2) pour stocker l'alliage à l'état solide et pour le rendre liquide,
  - des moyens (4) permettant de véhiculer l'alliage liquide, depuis les moyens (2) de stockage jusqu'au moule (6), lors de son introduction dans ce dernier.
2. Appareil selon la revendication 1, les moyens (4) pour véhiculer l'alliage permettant également de véhiculer l'alliage liquide depuis le moule-four (6) vers les moyens (2) de stockage.
3. Appareil selon l'une des revendications 1 ou 2, le moule-four (6) comportant deux demi-coques (14, 16) amovibles munies d'attaches (22, 24).
4. Appareil selon l'une des revendications précédentes, le moule-four (6) comportant une enveloppe chauffante, rigide, et une vessie déformable (20).
5. Appareil selon l'une des revendications 1 à 3, le moule-four présentant des parois rigides et une paroi souple.
6. Procédé de protection radiologique d'un milieu dans lequel se trouve une circuiterie (18), comportant les étapes suivantes :
- installation d'un appareil selon l'une des revendications ci-dessus, le moule-four (6) ayant une forme adaptée à la circuiterie (18),
  - fonte d'un alliage stocké dans les moyens (2) de stockage,
  - injection de l'alliage dans le moule-four (6),
  - solidification de l'alliage dans le moule (6).

7. Procédé selon la revendication 6, le moule-four (6) étant éloigné après solidification de l'alliage.

5 8. Procédé selon l'une des revendications 6 ou 7, l'alliage étant de composition Sn-Bi-Pb-Cd ou Bi-Pb-Sn-Cd-In, ou Bi-Pb-Sn-In ou Bi-Sn-In ou Bi-Sn.

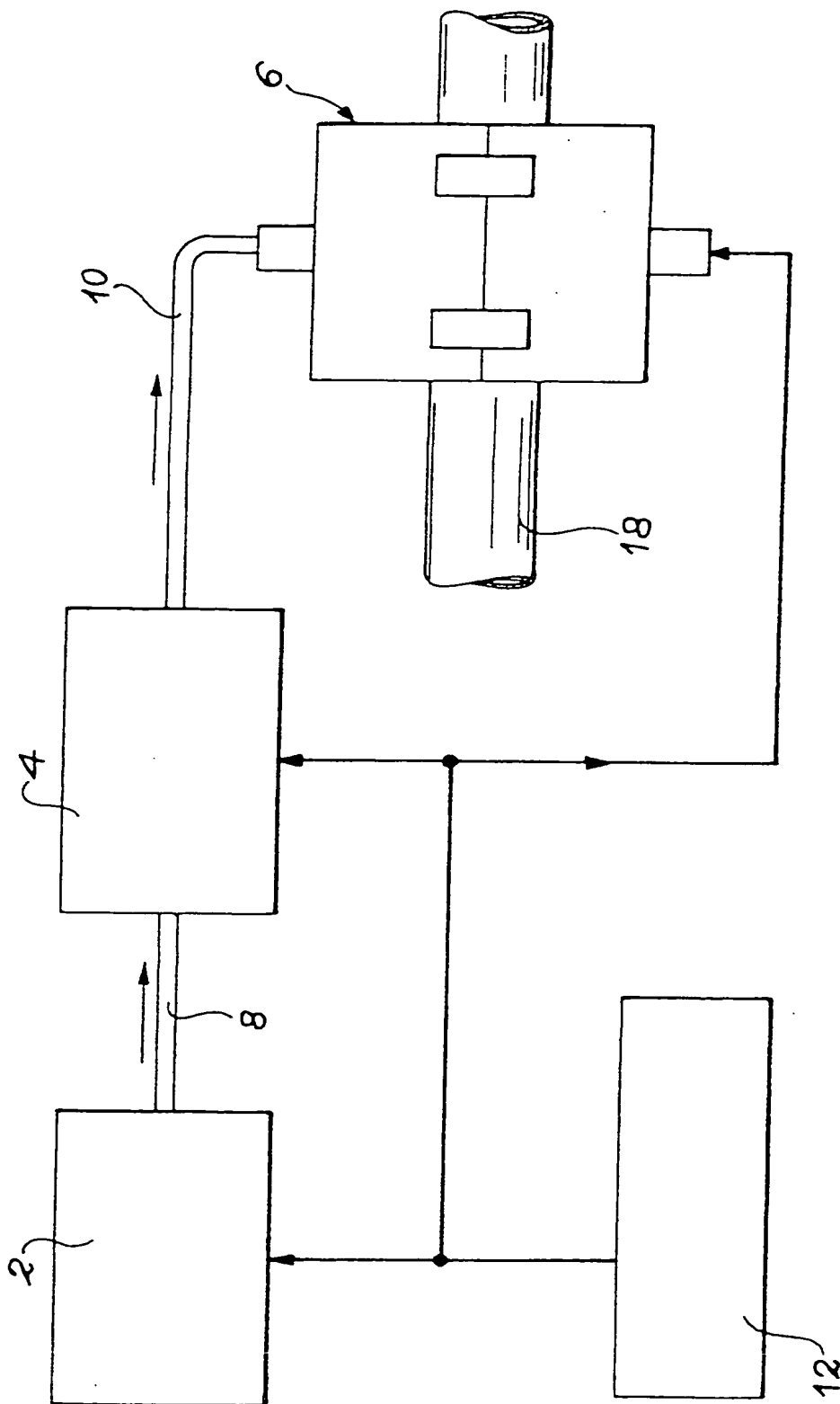


FIG. 1

2 / 2

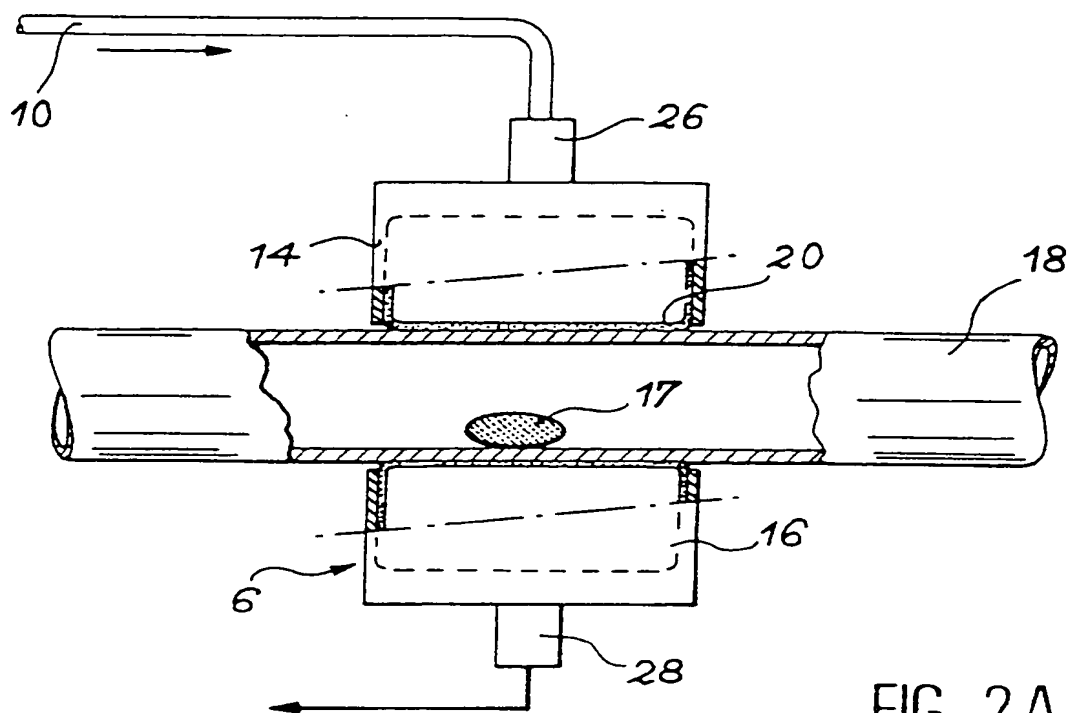


FIG. 2A

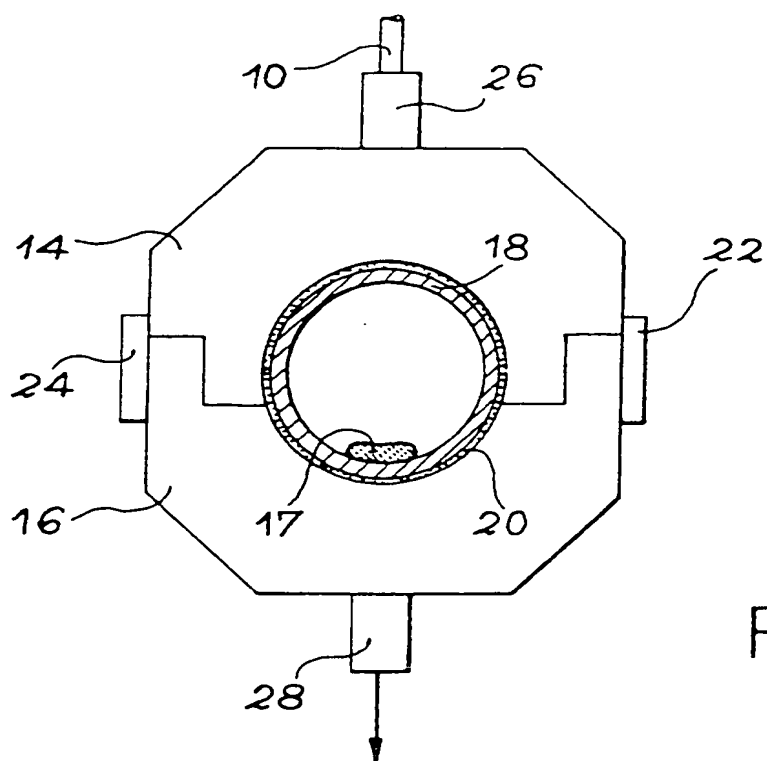


FIG. 2B

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 002, no. 014 (M-005), 30 Janvier 1978 & JP-A-52 131098 (JAPAN ATOM ENERGY RES INST), 2 Novembre 1977, * abrégé; figures 1,2 *	1
Y	---	3,6,7
Y	EP-A-0 509 926 (EUROMAS S A) 21 Octobre 1992 * colonne 4, ligne 20 - colonne 7, ligne 34; figures 1-4 *	3,6,7
A	---	1,2
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 015, no. 153 (P-1191), 17 Avril 1991 & JP-A-03 024498 (HITACHI PLANT ENG & CONSTR CO LTD), 1 Février 1991, * abrégé *	1,3,6
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 015, no. 011 (P-1150), 10 Janvier 1991 & JP-A-02 257095 (ISHIKAWAJIMA HARIMA HEAVY IND CO LTD), 17 Octobre 1990, * abrégé *	1,6
A	EP-A-0 453 833 (STAMPAL SPA) 30 Octobre 1991 * revendication 1; figures 1,2 *	1,6,8
A	EP-A-0 365 111 (MINNESOTA MINING & MFG) 25 Avril 1990 * page 4, ligne 34 - page 5, ligne 1 *	1,6
Date d'achèvement de la recherche		Examineur
3 Juin 1996		Deroubaix, P
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		
T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant		